

DERWENT-ACC-NO: 1998-074107

DERWENT-WEEK: 199807

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Heat sink - comprises composite material  
containing diamond particles and metal

PATENT-ASSIGNEE: SUMITOMO ELECTRIC IND CO[SUME]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0127567 (May 23, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 09312362 A	December 2, 1997	N/A
007 H01L 023/373		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 09312362A	N/A	1996JP-0127567
May 23, 1996		

INT-CL (IPC): C01B031/06, C22C026/00 , H01L023/373

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09312362A

BASIC-ABSTRACT:

The heat sink comprises a composite material consists of diamond particles having an average diameter of 0.05-0.8 mm and metal. The diamond particles are distributed in the metal matrix. Thermal conductivity differences and thermal expansion ratio differences exist between surface direction and surface perpendicular direction.

USE - Used in high performance packages.

ADVANTAGE - The heat sink has high thermal conductivity and is free from the occurrence of strain caused by the thermal expansion difference.

BEST AVAILABLE COPY

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/8

TITLE-TERMS: HEAT SINK COMPRISE COMPOSITE MATERIAL CONTAIN DIAMOND  
PARTICLE  
METAL

DERWENT-CLASS: L03 M22 U11

CPI-CODES: L03-J; L04-C25; M22-H01;

EPI-CODES: U11-D02A; U11-D02B;

UNLINKED-DERWENT-REGISTRY-NUMBERS: 1776U

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1998-024794

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1998-059478

PAT-NO: JP409312362A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09312362 A  
TITLE: HEAT SINK, ITS MANUFACTURE METHOD AND PACKAGE  
USING THE SAME  
PUBN-DATE: December 2, 1997

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
NISHIBAYASHI, YOSHIKI  
HIROSE, YOSHIYUKI  
YAMANAKA, SEISAKU  
FUKUI, AKIRA

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME SUMITOMO ELECTRIC IND LTD COUNTRY N/A

APPL-NO: JP08127567  
APPL-DATE: May 23, 1996

INT-CL (IPC): H01L023/373, C22C026/00 , C01B031/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat sink which has high heat conductivity by means of the complex of diamond particles and a metal and which prevents distortion destruction owing to a thermal expansion difference with a mounted semiconductor and to provide the package of high performance through the use of the heat sink.

SOLUTION: The heat sink which is the complex where the diamond particles 2 whose average particle diameters are  $50\mu\text{m}$ - $800\mu\text{m}$  and the metal are complexed, and in which the diamond particles 2 are arranged so that heat

conductivity and thermal expansion factor in a face direction and a direction vertical to the face differ is provided. When the heat sink is used for the package mounting the semiconductor, the heat radiation of the heat sink increases in the direction perpendicular to the face of the heat sink, and it is used as a high output diode and a power module.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-312362

(43) 公開日 平成9年(1997)12月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 23/373			H 0 1 L 23/36	M
C 2 2 C 26/00			C 2 2 C 26/00	
// C 0 1 B 31/06			C 0 1 B 31/06	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

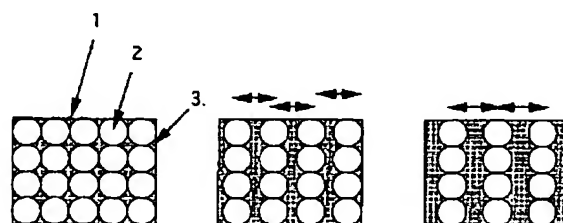
(21) 出願番号	特願平8-127567	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成8年(1996)5月23日	(72) 発明者	西林 良樹 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	廣瀬 義幸 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	山中 正策 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(74) 代理人	弁理士 上代 哲司 (外2名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートシンク及びその製造方法ならびにそれを用いたパッケージ

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤモンド粒子と金属の複合体による高熱伝導性であり、かつ搭載する半導体との熱膨張差による歪み破壊を生じさせないヒートシンクを提供し、またそのヒートシンクを用いた高性能パッケージを提供する。

【解決手段】 平均粒径 $50\mu\text{m}$ 以上 $800\mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド粒子と金属を複合した複合体であって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるようにダイヤモンド粒子を整列させたヒートシンクにする。半導体を搭載したパッケージに用いれば、ヒートシンクの熱放散がヒートシンクの面に直角方向へ多くなり、高出力用ダイオードやパワーモジュール用として有用である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平均粒径50 $\mu$ m以上800 $\mu$ m以下のダイヤモンド粒子と金属を複合した複合体であって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるように該ダイヤモンド粒子が金属マトリックス中に分布することを特徴とするヒートシンク。

【請求項2】 前記複合体において、さらに周期律表4a~7a族金属を添加することを特徴とする請求項1に記載のヒートシンク。

【請求項3】 前記複合体の平均熱膨張率が、搭載する半導体の熱膨張率より2.0~10.0 $\times 10^{-6}$ /Kの値であることを特徴とする請求項1又は2に記載のヒートシンク。

【請求項4】 複合体の金属が、Cu、Al、Ag、Au、Zn、Ni、Co、Mnの1つ以上を主成分とすることを特徴とする請求項1、2又は3に記載のヒートシンク。

【請求項5】 ダイヤモンド粒子と金属を複合したヒートシンクの製造方法において、ダイヤモンド粒子を整列したのち、金属を加えることにより複合体化することを特徴とするヒートシンクの製造方法。

【請求項6】 前記ダイヤモンド粒子にあらかじめ金属を表面に付着させておくことを特徴とする請求項5に記載のヒートシンクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体用デバイスの放熱用のヒートシンクおよびその製造方法ならびにヒートシンクを備えたパッケージに関するものである。

【0002】

【従来の技術】これまで、ヒートシンクの材料としてCuが良く用いられていた。しかし、Cuは熱伝導率が398W/mKという比較的高い値をもっているが、熱膨張係数が $17 \times 10^{-6}$ /Kという大きな値であったので、その上に接合する半導体（例えばSi： $4.2 \times 10^{-6}$ /KやGaAs： $6-7 \times 10^{-6}$ /K）との間に接合時と室温の温度差や動作最高温度と室温の温度差において、大きな熱応力がかかり、利用できない場合も多い。そこで、CuW、CuMoのように熱膨張係数の低い材料（WやMo）との合金が利用され、熱膨張率をコントロールできる材料でヒートシンクをパッケージに合うように設計可能とされてきたが、合金化する金属（W、Mo）の熱伝導率が小さいために合金としたときの熱伝導率が約200W/mKとCu以下の値となっている。即ち、Cuの特徴である高熱伝導性が、熱膨張を改善するために押さえられてしまっている。

【0003】そこで考えられた次の材料はダイヤモンドであり、このダイヤモンドは室温から200℃の高温域にかけて材料中で最も熱伝導率の高い材料である。しかも、室温付近での熱膨張率は通常の半導体材料（Si、

2

GaAs）に比べて $1.5 \times 10^{-6}$ /K程度と小さい。ところが、宝石等で知られるように、ダイヤモンドのみのヒートシンクはとても高価となり、比較的安価な粒状のダイヤモンドを金属材料に埋め込むことで用いられることが考えられている。

【0004】特開昭62-249462号公報、特開平2-170452号公報、特開平3-9552号公報、特開平4-231436号公報、特開平4-259305号公報、特開平5-291444号公報、特開平5-347370号公報などにその工夫が見られる。特開昭62-249462号公報では樹脂の中にダイヤモンドを含有させるという記載があり、熱伝導率を向上させるために樹脂にダイヤモンド粒子を埋め込むものであるが、樹脂は一般に熱伝導率が小さく、ダイヤモンドが粒子であることもあって、樹脂による熱伝導が主となり、実用上の熱伝導率はそれほど改善されていない。

【0005】特開平2-170452号公報、特開平4-231436号公報、特開平4-259305号公報、特開平5-347370号公報では金属マトリックス中にダイヤモンド粒子を埋め込むという開示がなされている。これは熱伝導率を向上させるとともに、熱膨張係数を半導体素子に一致させることをねらったものであり、すなわち、Cuの熱膨張をダイヤモンドの熱膨張でコントロールしようとするものである。具体的には特開平2-170452号公報で開示されている内容はマトリックス金属は銅、銀、金、アルミニウムなどであり、これにダイヤモンド粒子を埋め込むというものである。さらにはその記載では、金属粉とダイヤモンド粒子を混合した後加圧加熱して固める製法が記載されている。また、ダイヤモンド粒子の大きさは小さい方が好ましいことが述べられている。ほぼ同様に、特開平4-231436号公報でもダイヤモンド粉末が金属材料中に埋め込まれている複合材料についての開示がある。

【0006】さらに、特開平4-259305号公報にはダイヤモンド粒子の粒径を1~50 $\mu$ mと規定しており、前記のような金属とダイヤモンドを混合する関係で、細かい粉末を利用する開示となっている。

【0007】これらの発明はかなり有望なものを提供できる可能性があるが、以下の点で多くの問題を含んでいる。第1に、ダイヤモンド粒子を銅、銀、金、アルミニウムに単純に均等に埋め込む場合、その組成比で熱膨張の割合を変えることはできるものの、独立して熱伝導率を制御することができず、従って搭載する半導体の熱膨張に合わせた組成を採用すると、熱伝導率も自ずと決まったものになり、その組成で熱伝導率を変化させることができない。第2に、粒径が小さいダイヤモンド粒子を利用することを考えていることである。これは均質なものを形成するのが目的であると推定するが、粒子を小さくすると出来上がったヒートシンクの熱伝導率は組成比から単純に計算される熱伝導率より小さくなる。それは熱を伝達する電子や格子が粒子の表面で散乱されるので、粒子の重なりが多くなるほど計算値からはずれてく

3

る。第3に、ダイヤモンドと金属との密着力が小さいため、ヒートシンクとした場合の強度が弱くなるという問題がある。第4に、特開平2-170452号公報の開示にあるように複合体のヒートシンクの熱膨張係数が半導体と同じであることが一つの着眼点であった。しかし、実際にはこのような条件で使用するとパッケージの形状の問題から、膨張率を同一にすると不都合を生ずることもある。即ち、ヒートシンクと半導体の熱膨張係数を一致させるといっても、金属とGaAs半導体では室温～50℃の範囲での熱膨張の割合がほぼ一定であったため、熱膨張係数を一致させることは意味のあることであった。しかし、金属-ダイヤモンド複合体では室温～50℃の範囲での熱膨張係数は一定ではなく、熱膨張の割合は温度が高くなると大きくなるので、どの温度での熱膨張係数を一致させるのか明確にする必要がある。

【0008】ヒートシンクに金属系の接着剤を用いてタイトに接合する場合は、ある温度のヒートシンクと半導体の熱膨張係数を比較するのではなく、使用温度、接着時の温度と常温の温度範囲での熱膨張の割合（平均の熱膨張係数と呼ぶ）を用いるべきである。半導体レーザー用ヒートシンクの場合にその例がある。また、コンピュータ用のMPU等に用いるヒートシンクにおいても、パッケージの形態によって、半導体とヒートシンクの熱膨張係数を一致させない方が良好な結果を生むことも見いだしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記問題点を考慮して熱膨張の割合をコントロールでき、熱伝導率が大きく、密着強度が大きい材料を供給することは、今後の市場において必要不可欠なものである。同じ金属-ダイヤモンドの組み合わせでも、単に比率だけ変えても熱伝導と熱膨張が相関関係にあるため、一方を良くしても他方が不都合な状態にあり、工夫が必要である。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願は上記課題を解決し、将来市場に必要なヒートシンクを供給するものであり、その製法を開示し、且つ出来たヒートシンクを用いた優れたパッケージを提供するものである。

【0011】その手段は、平均粒径50μm以上800μm以下のダイヤモンドと金属を複合してなすヒートシンクであって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるように該ダイヤモンド粒子が金属マトリックス中に分布することを特徴とする。その操作は実施例で説明するが、単純に混合すると出来ない。論理的には、ヒートシンクの半導体が乗る面に並行な方向にはダイヤモンド比率が少なく、垂直方向にはダイヤモンド比率が多くなる。出来上がったヒートシンクは、半導体の乗る面に対して直角方向には熱膨張が抑えられ、熱伝導が大きくなっている。そして、半導体の乗る面に平行な方向は熱膨張が大きく、熱伝導が抑えられる。

4

【0012】該ダイヤモンド粒子は、大きいのが好ましく、これは細かくすると配列しにくくなるものであるが、大きくなると金属との馴染みを良くするために金属中に周期律表の4a～7a族金属を添加するとさらに好ましい。この添加手段は、最初から金属粉中に混合しておくことも、あらかじめダイヤモンド粒子に付着させておくことも可能である。

【0013】本発明のヒートシンクは、熱膨張・熱伝導に方向性をもたすため、搭載する半導体の接着面方向の熱膨張係数を制御することが可能であり、半導体を金属系で接着する場合にはヒートシンクの熱膨張は半導体に近いことが好ましいが、樹脂系接着剤による接着の場合はヒートシンクの熱膨張は、半導体のそれよりも2.0～10.0×10<sup>-6</sup>/K大きいと室温から半田付け温度、また室温と使用温度の間で膨張収縮を繰り返しても、膨張差による歪み破壊が起りにくいので好ましい。

【0014】また、ダイヤモンド粒子と共に用いる金属は、Cu, Al, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mnの一種以上を主成分として用いるのが良い。特にヒートシンクの特長として熱伝導の大きいダイヤモンド粒子を用いることから、バインダーとしての働きをする金属も当然熱伝導の大きなものが好ましく、特に好ましくは、熱伝導性の大きいCu, Al, Ag, Au又はそれらを主成分とした合金である。

【0015】上記のようなヒートシンクを製造するには、ダイヤモンド粒子を枠に敷き詰めたのち、すき間に金属粉を充填したのち、さらに次のダイヤモンド粒子を敷き詰め、すき間に金属粉を充填することを繰り返し、積層する。若しくはダイヤモンド粒子をあらかじめ積層した後、上下をジグで挟み、固定した状態でそのすき間に金属を溶浸させるとできる。ダイヤモンド粒子の整列は、細密充填することも可能であるが、一定間隔において整列することも可能である。間隔を開けて整列することにより、粒子間に金属が回り込むと面方向において高熱伝導のダイヤモンド粒子が孤立し、熱伝導は金属の熱伝導率に制御される。しかし、積層方向ではダイヤモンド粒子がほぼ密着した状態で並ぶので、熱伝導はダイヤモンドの熱伝導率が効果を発揮する。

【0016】また、以上のようなヒートシンクを用いて、半導体を搭載し、パッケージにすると非常に熱放散性に優れたパッケージが得られる。このヒートシンクを単独に用いることはもちろん、他のヒートシンクと組み合わせることも可能であるし、メッキ層をコーティングしたり、絶縁層を形成して利用することも可能である。

【0017】

【発明の実施の形態】本願に用いるダイヤモンド粒子は、天然のものであっても、人工（高压合成法、爆発法、衝撃法）のものであっても、気相合成による多結晶

基板を粉碎したものであっても、実質的に粒子と呼べるものであれば構わない。使用するダイヤモンド粒子中の不純物やインクルージョンが少なければダイヤモンドの熱伝導率が向上するので、尚好ましいが、価格的には人工（高圧合成）のIbダイヤモンド粒子が適切である。

【0018】高圧合成のダイヤモンドにおいては、

(1) 通常の定常の高温高圧状態から形成する方法や、  
(2) 爆発などの衝撃を利用する方法がある。また、気相合成のダイヤモンドにおいて、形成する方法としては、(1) 直流または交流電界により放電を起こし、原料ガスを活性化する方法がある。さらに、気相合成のダイヤモンドにおいて、形成する方法としては、(1) 直流または交流電界により放電を起こし、原料ガスを活性化する方法、(2) 熱電子放射材を加熱し、原料ガスを活性化する方法、(3) ダイヤモンドを成長させる表面をイオンで衝撃する方法、(4) レーザーや紫外線などの光で原料ガスを励起する方法、及び(5) 原料ガスを燃焼させる方法等各種の方法が使える。いずれの方法も本発明に用いることができる。

【0019】ダイヤモンド粒子の平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以上 $800\mu\text{m}$ 以下が好ましいのは、使用されるヒートシンクの厚みに関連する。即ち、通常のヒートシンクの厚みは $0.5\sim 1.5\text{mm}$ のものがよく使われるが、粒径を大きくすることによりヒートシンクの厚み方向に積層される回数を減らすことで、ダイヤモンド粒子の接触界面での熱の散乱による熱伝導の低下を防げるもので、且つ、積層する操作の回数が減少し、作業が容易になる。平均粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下では積層回数が多すぎ、粒子を整列するのが大変であり、 $800\mu\text{m}$ 以上では、ヒートシンクの厚みが $1.5\text{mm}$ の場合には、ダイヤモンド粒子が単一層になる。熱伝導・熱膨張の方向性をつけるには、少なくとも2層以上が好ましい。より好ましくは、ヒートシンクの厚みの $1/3\sim 1/10$ の粒子径を用いることである。平均粒径としては $100\mu\text{m}$ 以上が好ましい。

【0020】ダイヤモンド粒子を敷き詰めるには、所定のヒートシンク枠にダイヤモンド粒子を入れ、揺すりを加えることで並べられる。これはダイヤモンド粒子が、面結晶を持っているために平面部分を保持しているからである。敷き詰めが終了した後、粉末若しくはペースト状の金属を流し込み、もしくは必要に応じてプレスし、過剰分を取り去ることによって、あらかじめ計算により流し込む金属量を入れることにより、より容易に達成できる。一層が完了後、この動作を繰り返せば、所定の厚みのヒートシンクが得られる。これを真空中で金属溶融もしくは焼結すれば出来上がる。又は、ダイヤモンド粒子を間隔を開けて整列するには、金属板にダイヤモンド粒子径程度の穴をあけ、その穴にダイヤモンド粒子を投入し、振動を加えれば整列できる。これを上下から抑えた状態で真空中で加熱し、金属を溶かすことにより達

成する。ダイヤモンド粒子間に金属のシート又はフィルムを挟んで整列する手段もあるが、この場合は出来上がったヒートシンクに3つの方向性を付与できる。

【0021】ダイヤモンド粒子と組み合わせる金属は、ヒートシンクの性質上高熱伝導性のものが良いが、Cu, Al, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mnを用いることが好ましく、これらを主成分とする合金を用いても良い。特に好ましくは、Cu, Al, Ag, Auであり、これらは高熱伝導性である。さらには、これらの金属に周期律表の4a～7a族の金属を少量添加するか、若しくはダイヤモンドにあらかじめ付着させると出来上がったヒートシンクにおいて金属とダイヤモンドの密着性が強固になり、ヒートシンクの強度を増すことになり好ましい。

【0022】上記のようにしてなるヒートシンクは半導体を搭載するに、半田としてAu-Sn, Au-Ge系を用いることが多いが、樹脂系接着剤もパッケージとの接着を含む場合には多く用いられる。また、半導体に対し、ヒートシンクの大きさは、半導体とヒートシンクが接触する面の3倍以上とすると、半田付け時及び使用中の温度上昇における熱膨張による歪みによる損傷を防ぐことができる。そして、半導体の熱膨張に対し、ヒートシンクの平均熱膨張は大きくしておくのが好ましく、特に樹脂系接着剤を用いる場合は、半導体の熱膨張率に対し、ヒートシンクのそれが $2.0\sim 10.0\times 10^{-6}/\text{K}$ 大きい方がよい。

【0023】本発明のヒートシンクは通信系の光増幅用の高出力のレーザーダイオード用として、また通信衛星のマイクロ波出力用のトランジスタ用として、さらには高出力電力制御用のパワーモジュール用として、半導体デバイスが高出力で利用されるところに利用するのが好ましい。また、コンピューターのMPU用のヒートシンクとしても用いられる。

【0024】

【実施例】以下に本発明の実施例を示す。

(実施例1) 図1に示す様に比較的に粒径の揃ったダイヤモンド粒子を1層敷き詰め、その隙間に金属粉末を詰め、その上にダイヤモンド粒子を2層目に1層目と同様に敷き詰め、その隙間に金属粉末を詰めた。3層目、4層目・・・と同様にして、積層させた。これを真空中にいれ、高温状態とし、金属を溶融し、ダイヤモンドを金属に埋め込んだ。金属にはAgを用いた。

【0025】金属の量の調整は、図2のように横方向の間隔を開けることにより、調整した。このような製法は複合物の構造として、ダイヤモンド粒子の面方位の揃ったものが形成でき、面方向と面に垂直方向においてダイヤモンド粒子間の金属の量が異なり、従って、それぞれの方向で熱膨張係数と熱伝導率が異なったものが形成される。ランダムに混合した試料と本発明の構造の大きい方向の熱伝導率を金属含有量依存性について図



3、図4に示す。また、ダイヤモンド粒子サイズ依存性について図5に示す。図5より、ランダムな混合、本発明の積層に関わらず、粒子の大きい方が熱伝導の特性が良いことがわかる。50 $\mu$ mサイズ以上で効果が現れ、特に100 $\mu$ mサイズ以上で顕著であることがわかる。

【0026】図3、図4より本発明の積層方法はランダムな混合方法に比べて熱膨張係数において同じ金属材料濃度で比較すると効果があることがわかり、この傾向は粒子サイズが大きい方が顕著であることがわかる。さらに、図6に面方向の熱膨張係数を示す。これらを比較すると本発明の積層方法はランダムな混合方法より少ない金属含有量で熱膨張係数を大きくでき、同じ熱膨張係数で比較すると本発明の構造のヒートシンクはより大きな熱伝導率を有することがわかった。以上の結果はダイヤモンドが予めメタルでコーティングないしメッキされて\*

\*いても取り扱い上便利であったが、傾向は同様なものであった。

【0027】(実施例2) 熱膨張係数が $4 \times 10^{-6}/K$ に近い半導体と種々のパッケージ材料とヒートシンク材料を図7に示すように樹脂で接合し、その試料がどこかで剥離を起こす条件を調査した。その結果を表1および表2にまとめたが、ヒートシンク材料として $8 \sim 14 \times 10^{-6}/K$ の熱膨張係数が必要ながわかった。ほとんどの代表的な半導体材料は $4 \sim 6 \times 10^{-6}/K$ であるため、ヒートシンク材料は半導体材料より、 $2.0 \sim 10.0 \times 10^{-6}/K$ 大きいことが必要であることがわかった。

【0028】

【表1】

使用半導体 Si	パッケージの基板材料		
	エポキシ1	ガラスエポキシ	エポキシ2
ヒートシンク	$12 \times 10^{-6}/K$	$14 \times 10^{-6}/K$	$20 \times 10^{-6}/K$
A ( $17 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
B ( $14 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
C ( $10 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
D ( $8 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	×
E ( $6 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
F ( $4 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×

○：剥離なし    ×：剥離あり

【0029】

※ ※【表2】

使用半導体 GaAs	パッケージの基板材料		
	エポキシ1	ガラスエポキシ	エポキシ2
ヒートシンク	$12 \times 10^{-6}/K$	$14 \times 10^{-6}/K$	$20 \times 10^{-6}/K$
A ( $17 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
B ( $14 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
C ( $10 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
D ( $8 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	×
E ( $6 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
F ( $4 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×

○：剥離なし    ×：剥離あり

【0030】(実施例3) 実施例1と同様にして、金属★物の熱伝導率は金属の差で変化し、Cuを用いた場合に属をAgからCu, Al, Auについて実施した。複合★50はAgを用いた場合の90%程度であり、AlとAuを

用いた場合はAgのそれに比べ約60%の値となったが、比較用にランダム混合方法で作成したものより全て熱伝導率は大きくなることを確認した。傾向はAgを用いたときと同様であったので、データは省略する。さらに周期律表4a～7a族の金属としてTiをダイヤモンドにメッキしたものを用いて上記金属との複合物にした。ダイヤモンド粒子のサイズは粒径400 $\mu$ mのもののみでチェックしたが、複合物の強度が増したことを確認した。

【0031】(実施例4) 図7の放熱形態をモデルに、ヒートシンクの面と熱抵抗の関係を調べた。図8に示すように熱抵抗はヒートシンクの面積が大きくなると効果がないことがわかった。特に、本発明における面方向と面に垂直方向で熱伝導率の異なる場合は顕著であり、その面積は半導体素子の接着面積の3倍以上で約75%減の効果が認められた。

【0032】

【発明の効果】本発明により、ダイヤモンド粒子と金属を複合したヒートシンクが実用性に優れ、かつ従来のヒートシンクではカバーできなかった分野の放熱材料として特にパワーの授受に使用する半導体を搭載する場合に大いに利用できるものである。本発明のヒートシンクを用いたパッケージは、半導体との熱膨張による歪みを抑え、且つパッケージ材との調和を保ち、優れたパッケー

ジを提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の作り方の模式図である。

【図2】本発明における面方向と面に垂直方向の熱伝導・熱膨張を制御する解説図である。

【図3】本発明の実施例の熱伝導と金属含有量の関係を示すグラフである。比較例と対比して示す。

【図4】本発明の他の実施例及び比較例の熱伝導と金属含有量の関係を示すグラフである。

【図5】本発明における実施例と比較例のダイヤモンド粒子サイズと熱伝導率の関係を示す。

【図6】本発明における実施例と比較例の金属含有量と熱膨張係数の関係を示す。

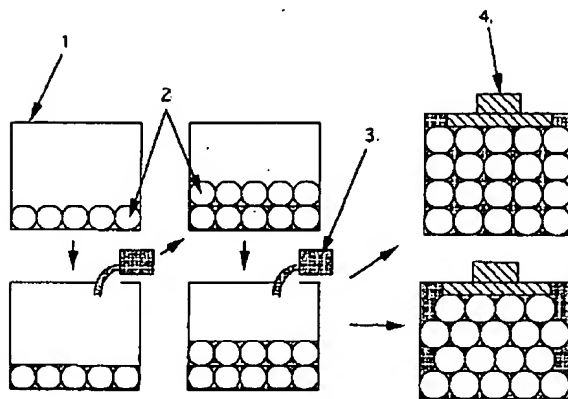
【図7】本発明のパッケージの一例を示す。

【図8】図7のパッケージを用いて熱抵抗の面積依存性を調べた結果のグラフである。

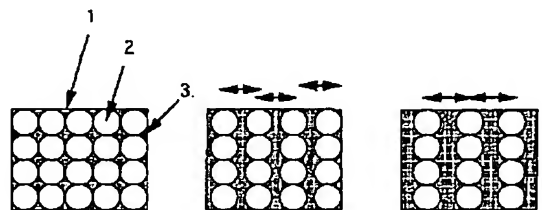
【符号の説明】

- 1・・・型枠
- 2・・・ダイヤモンド粒子
- 3・・・金属粉または金属ペースト
- 4・・・加圧用ジグ
- 5・・・半導体
- 6・・・ヒートシンク
- 7・・・パッケージの基板

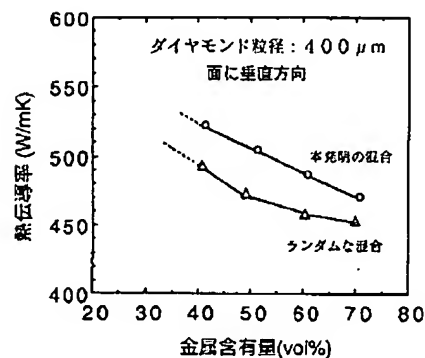
【図1】



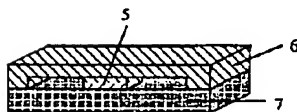
【図2】



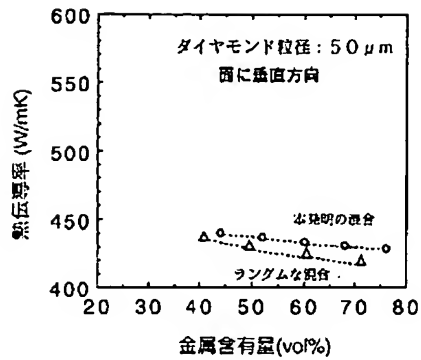
【図3】



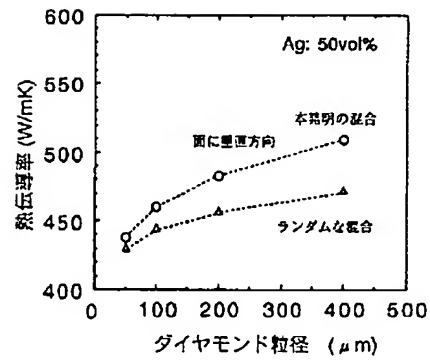
【図7】



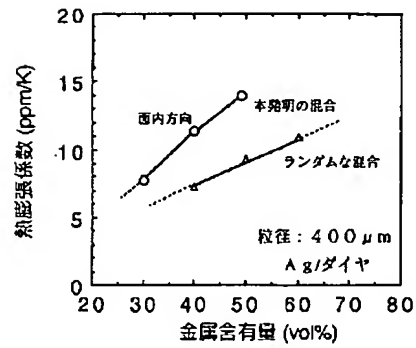
【図4】



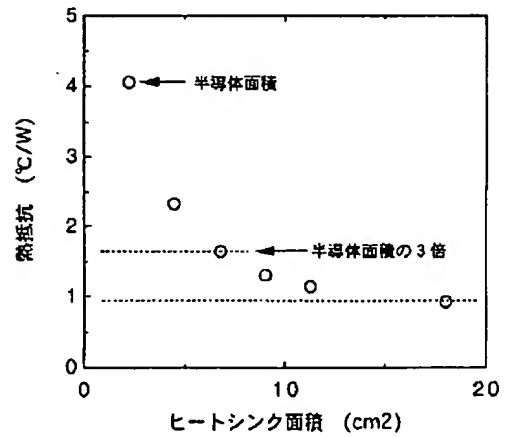
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 福井 彰  
 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
 電気工業株式会社伊丹製作所内

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-312362

(43)公開日 平成9年(1997)12月2日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 23/373			H 0 1 L 23/36	M
C 2 2 C 26/00			C 2 2 C 26/00	
// C 0 1 B 31/06			C 0 1 B 31/06	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平8-127567

(22)出願日 平成8年(1996)5月23日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 西林 良樹

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 廣瀬 義幸

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 山中 正策

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 弁理士 上代 哲司 (外2名)

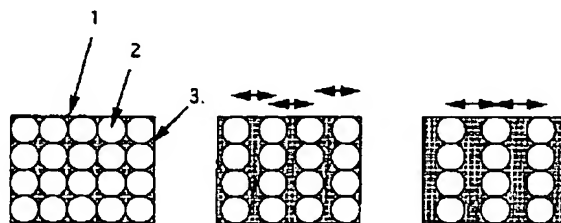
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ヒートシンク及びその製造方法ならびにそれを用いたパッケージ

(57)【要約】

【課題】 ダイヤモンド粒子と金属の複合体による高熱伝導性であり、かつ搭載する半導体との熱膨張差による歪み破壊を生じさせないヒートシンクを提供し、またそのヒートシンクを用いた高性能パッケージを提供する。

【解決手段】 平均粒径50 $\mu$ m以上800 $\mu$ m以下のダイヤモンド粒子と金属を複合した複合体であって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるようにダイヤモンド粒子を整列させたヒートシンクにする。半導体を搭載したパッケージに用いれば、ヒートシンクの熱放散がヒートシンクの面に直角方向へ多くなり、高出力用ダイオードやパワーモジュール用として有用である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平均粒径 $50\mu\text{m}$ 以上 $800\mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド粒子と金属を複合した複合体であって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるように該ダイヤモンド粒子が金属マトリックス中に分布することを特徴とするヒートシンク。

【請求項2】 前記複合体において、さらに周期律表4a～7a族金属を添加することを特徴とする請求項1に記載のヒートシンク。

【請求項3】 前記複合体の平均熱膨張率が、搭載する半導体の熱膨張率より $2.0\sim 10.0\times 10^{-6}/\text{K}$ の値であることを特徴とする請求項1又は2に記載のヒートシンク。

【請求項4】 複合体の金属が、Cu、Al、Ag、Au、Zn、Ni、Co、Mnの1つ以上を主成分とすることを特徴とする請求項1、2又は3に記載のヒートシンク。

【請求項5】 ダイヤモンド粒子と金属を複合したヒートシンクの製造方法において、ダイヤモンド粒子を整列したのち、金属を加えることにより複合体化することを特徴とするヒートシンクの製造方法。

【請求項6】 前記ダイヤモンド粒子にあらかじめ金属を表面に付着させておくことを特徴とする請求項5に記載のヒートシンクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体用デバイスの放熱用のヒートシンクおよびその製造方法ならびにヒートシンクを備えたパッケージに関するものである。

【0002】

【従来の技術】これまで、ヒートシンクの材料としてCuが良く用いられていた。しかし、Cuは熱伝導率が $398\text{W}/\text{mK}$ という比較的高い値をもっているが、熱膨張係数が $17\times 10^{-6}/\text{K}$ という大きな値であったので、その上に接合する半導体（例えばSi： $4.2\times 10^{-6}/\text{K}$ やGaAs： $6\sim 7\times 10^{-6}/\text{K}$ ）との間に接合時と室温の温度差や動作最高温度と室温の温度差において、大きな熱応力がかかり、利用できない場合も多い。そこで、CuW、CuMoのように熱膨張係数の低い材料（WやMo）との合金が利用され、熱膨張率をコントロールできる材料でヒートシンクをパッケージに合うように設計可能とされてきたが、合金化する金属（W、Mo）の熱伝導率が小さいために合金としたときの熱伝導率が約 $200\text{W}/\text{mK}$ とCu以下の値となっている。即ち、Cuの特徴である高熱伝導性が、熱膨張を改善するために押さえられてしまっている。

【0003】そこで考えられた次の材料はダイヤモンドであり、このダイヤモンドは室温から $200^{\circ}\text{C}$ の高温域にかけて材料中で最も熱伝導率の高い材料である。しかも、室温付近での熱膨張率は通常の半導体材料（Si、

2

GaAs）に比べて $1.5\times 10^{-6}/\text{K}$ 程度と小さい。ところが、宝石等で知られるように、ダイヤモンドのみのヒートシンクはとても高価となり、比較的安価な粒状のダイヤモンドを金属材料に埋め込むことで用いられることが考えられている。

【0004】特開昭62-249462号公報、特開平2-170452号公報、特開平3-9552号公報、特開平4-231436号公報、特開平4-259305号公報、特開平5-291444号公報、特開平5-347370号公報などにその工夫が見られる。特開昭62-249462号公報では樹脂の中にダイヤモンドを含有させるという記載があり、熱伝導率を向上させるために樹脂にダイヤモンド粒子を埋め込むものであるが、樹脂は一般に熱伝導率が小さく、ダイヤモンドが粒子であることもあって、樹脂による熱伝導が主となり、実用上の熱伝導率はそれほど改善されていない。

【0005】特開平2-170452号公報、特開平4-231436号公報、特開平4-259305号公報、特開平5-347370号公報では金属マトリックス中にダイヤモンド粒子を埋め込むという開示がなされている。これは熱伝導率を向上させるとともに、熱膨張係数を半導体素子に一致させることをねらったものであり、すなわち、Cuの熱膨張をダイヤモンドの熱膨張でコントロールしようとするものである。具体的には特開平2-170452号公報で開示されている内容はマトリックス金属は銅、銀、金、アルミニウムなどであり、これにダイヤモンド粒子を埋め込むというものである。さらにはその記載では、金属粉とダイヤモンド粒子を混合した後加圧加熱して固める製法が記載されている。また、ダイヤモンド粒子の大きさは小さい方が好ましいことが述べられている。ほぼ同様に、特開平4-231436号公報でもダイヤモンド粉末が金属材料中に埋め込まれている複合材料についての開示がある。

【0006】さらに、特開平4-259305号公報にはダイヤモンド粒子の粒径を $1\sim 50\mu\text{m}$ と規定しており、前記のような金属とダイヤモンドを混合する関係で、細かい粉末を利用する開示となっている。

【0007】これらの発明はかなり有望なものを提供できる可能性があるが、以下の点で多くの問題を含んでいる。第1に、ダイヤモンド粒子を銅、銀、金、アルミニウムに単純に均等に埋め込む場合、その組成比で熱膨張の割合を変えることはできるものの、独立して熱伝導率を制御することができず、従って搭載する半導体の熱膨張に合わせた組成を採用すると、熱伝導率も自ずと決まったものになり、その組成で熱伝導率を変化させることができない。第2に、粒径が小さいダイヤモンド粒子を利用することを考えていることである。これは均質なものを形成するのが目的であると推定するが、粒子を小さくすると出来上がったヒートシンクの熱伝導率は組成比から単純に計算される熱伝導率より小さくなる。それは熱を伝達する電子や格子が粒子の表面で散乱されるので、粒子の重なりが多くなるほど計算値からはずれてく

3

る。第3に、ダイヤモンドと金属との密着力が小さいため、ヒートシンクとした場合の強度が弱くなるという問題がある。第4に、特開平2-170452号公報の開示にあるように複合体のヒートシンクの熱膨張係数が半導体と同じであることが一つの着眼点であった。しかし、実際にはこのような条件で使用するとパッケージの形状の問題から、膨張率を同一にすると不都合を生ずることもある。即ち、ヒートシンクと半導体の熱膨張係数を一致させるといっても、金属やGaAs半導体では室温～50℃の範囲での熱膨張の割合がほぼ一定であったため、熱膨張係数を一致させることは意味のあることであった。しかし、金属-ダイヤモンド複合体では室温～50℃の範囲での熱膨張係数は一定ではなく、熱膨張の割合は温度が高くなると大きくなるので、どの温度での熱膨張係数を一致させるのか明確にする必要がある。

【0008】ヒートシンクに金属系の接着剤を用いてタイトに接合する場合は、ある温度のヒートシンクと半導体の熱膨張係数を比較するのではなく、使用温度、接着時の温度と常温の温度範囲での熱膨張の割合（平均の熱膨張係数と呼ぶ）を用いるべきである。半導体レーザー用ヒートシンクの場合にその例がある。また、コンピュータ用のMPU等を用いるヒートシンクにおいても、パッケージの形態によって、半導体とヒートシンクの熱膨張係数を一致させない方が良好な結果を生むことも見いだしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記問題点を考慮して熱膨張の割合をコントロールでき、熱伝導率が大きく、密着強度が大きい材料を供給することは、今後の市場において必要不可欠なものである。同じ金属-ダイヤモンドの組み合わせでも、単に比率だけ変えても熱伝導と熱膨張が相関関係にあるため、一方を良くしても他方が不都合な状態にあり、工夫が必要である。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願は上記課題を解決し、将来市場に必要なヒートシンクを供給するものであり、その製法を開示し、且つ出来たヒートシンクを用いた優れたパッケージを提供するものである。

【0011】その手段は、平均粒径50μm以上800μm以下のダイヤモンドと金属を複合してなすヒートシンクであって、面方向と面に垂直方向の熱伝導率と熱膨張率が異なるように該ダイヤモンド粒子が金属マトリックス中に分布することを特徴とする。その操作は実施例で説明するが、単純に混合すると出来ない。論理的には、ヒートシンクの半導体に乗る面に並行な方向にはダイヤモンド比率が少なく、垂直方向にはダイヤモンド比率が多くなる。出来上がったヒートシンクは、半導体に乗る面に対して直角方向には熱膨張が抑えられ、熱伝導が大きくなっている。そして、半導体に乗る面に平行な方向は熱膨張が大きく、熱伝導が抑えられる。

4

【0012】該ダイヤモンド粒子は、大きいのが好ましく、これは細かくすると配列しにくくなるものであるが、大きくなると金属との馴染みを良くするために金属中に周期律表の4a～7a族金属を添加するとさらに好ましい。この添加手段は、最初から金属粉中に混合しておくことも、あらかじめダイヤモンド粒子に付着させておくことも可能である。

【0013】本発明のヒートシンクは、熱膨張・熱伝導に方向性をもたすため、搭載する半導体の接着面方向の熱膨張係数を制御することが可能であり、半導体を金属系で接着する場合にはヒートシンクの熱膨張は半導体に近いことが好ましいが、樹脂系接着剤による接着の場合はヒートシンクの熱膨張は、半導体のそれよりも2.0～10.0×10<sup>-6</sup>/K大きいと室温から半田付け温度、また室温と使用温度の間で膨張収縮を繰り返しても、膨張差による歪み破壊が起こりにくいので好ましい。

【0014】また、ダイヤモンド粒子と共に用いる金属は、Cu, Al, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mnの一種以上を主成分として用いるのが良い。特にヒートシンクの特長として熱伝導の大きいダイヤモンド粒子を用いることから、バインダーとしての働きをする金属も当然熱伝導の大きなものが好ましく、特に好ましくは、熱伝導性の大きいCu, Al, Ag, Au又はそれらを主成分とした合金である。

【0015】上記のようなヒートシンクを製造するには、ダイヤモンド粒子を枠に敷き詰めたのち、すき間に金属粉を充填したのち、さらに次のダイヤモンド粒子を敷き詰め、すき間に金属粉を充填することを繰り返し、積層する。若しくはダイヤモンド粒子をあらかじめ積層した後、上下をジグで挟み、固定した状態でそのすき間に金属を溶浸させるとできる。ダイヤモンド粒子の整列は、細密充填することも可能であるが、一定間隔をおいて整列することも可能である。間隔を開けて整列することにより、粒子間に金属が回り込むと面方向において高熱伝導のダイヤモンド粒子が孤立し、熱伝導は金属の熱伝導率に制御される。しかし、積層方向ではダイヤモンド粒子がほぼ密着した状態で並ぶので、熱伝導はダイヤモンドの熱伝導率が効果を発揮する。

【0016】また、以上のようなヒートシンクを用いて、半導体を搭載し、パッケージにすると非常に熱放散性に優れたパッケージが得られる。このヒートシンクを単独に用いることはもちろん、他のヒートシンクと組み合わせることも可能であるし、メッキ層をコーティングしたり、絶縁層を形成して利用することも可能である。

【0017】

【発明の実施の形態】本願に用いるダイヤモンド粒子は、天然のものであっても、人工（高压合成法、爆発法、衝撃法）のものであっても、気相合成による多結晶

基板を粉砕したものであっても、実質的に粒子と呼べるものであれば構わない。使用するダイヤモンド粒子中の不純物やインクルージョンが少なければダイヤモンドの熱伝導率が向上するので、尚好ましいが、価格的には人工（高圧合成）のIbダイヤモンド粒子が適切である。

【0018】高圧合成のダイヤモンドにおいては、

(1) 通常の定常の高温高圧状態から形成する方法や、  
(2) 爆発などの衝撃を利用する方法がある。また、気相合成のダイヤモンドにおいて、形成する方法としては、(1) 直流または交流電界により放電を起こし、原料ガスを活性化する方法がある。さらに、気相合成のダイヤモンドにおいて、形成する方法としては、(1) 直流または交流電界により放電を起こし、原料ガスを活性化する方法、(2) 熱電子放射材を加熱し、原料ガスを活性化する方法、(3) ダイヤモンドを成長させる表面をイオンで衝撃する方法、(4) レーザーや紫外線などの光で原料ガスを励起する方法、及び(5) 原料ガスを燃焼させる方法等各種の方法が使える。いずれの方法も本発明に用いることができる。

【0019】ダイヤモンド粒子の平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以上 $800\mu\text{m}$ 以下が好ましいのは、使用されるヒートシンクの厚みに関連する。即ち、通常のヒートシンクの厚みは $0.5\sim 1.5\text{mm}$ のものがよく使われるが、粒径を大きくすることによりヒートシンクの厚み方向に積層される回数を減らすことで、ダイヤモンド粒子の接触界面での熱の散乱による熱伝導の低下を防げるもので、且つ、積層する操作の回数が減少し、作業が容易になる。平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以下では積層回数が多すぎ、粒子を整列するのが大変であり、 $800\mu\text{m}$ 以上では、ヒートシンクの厚みが $1.5\text{mm}$ の場合には、ダイヤモンド粒子が単一層になる。熱伝導・熱膨張の方向性をつけるには、少なくとも2層以上が好ましい。より好ましくは、ヒートシンクの厚みの $1/3\sim 1/10$ の粒子径を用いることである。平均粒径としては $100\mu\text{m}$ 以上が好ましい。

【0020】ダイヤモンド粒子を敷き詰めるには、所定のヒートシンク枠にダイヤモンド粒子を入れ、揺すりを加えることで並べられる。これはダイヤモンド粒子が、面結晶を持っているために平面部分を保持しているからである。敷き詰めが終了した後、粉末若しくはペースト状の金属を流し込み、もしくは必要に応じてプレスし、過剰分を取り去ることによって、あらかじめ計算により流し込む金属量を入れることにより、より容易に達成できる。一層が完了後、この動作を繰り返せば、所定の厚みのヒートシンクが得られる。これを真空中で金属溶融もしくは焼結すれば出来上がる。又は、ダイヤモンド粒子を間隔を開けて整列するには、金属板にダイヤモンド粒子径程度の穴をあけ、その穴にダイヤモンド粒子を投入し、振動を加えれば整列できる。これを上下から抑えた状態で真空中で加熱し、金属を溶かすことにより達

成する。ダイヤモンド粒子間に金属のシート又はフィルムを挟んで整列する手段もあるが、この場合は出来上がったヒートシンクに3つの方向性を付与できる。

【0021】ダイヤモンド粒子と組み合わせる金属は、ヒートシンクの性質上高熱伝導性のものが良いが、Cu, Al, Ag, Au, Zn, Ni, Co, Mnを用いることが好ましく、これらを主成分とする合金を用いても良い。特に好ましくは、Cu, Al, Ag, Auであり、これらは高熱伝導性である。さらには、これらの金属に周期律表の4a~7a族の金属を少量添加するか、若しくはダイヤモンドにあらかじめ付着させると出来上がったヒートシンクにおいて金属とダイヤモンドの密着性が強固になり、ヒートシンクの強度を増すことになり好ましい。

【0022】上記のようにしてなるヒートシンクは半導体を搭載するに、半田としてAu-Sn, Au-Ge系を用いることが多いが、樹脂系接着剤もパッケージとの接着を含む場合には多く用いられる。また、半導体に対し、ヒートシンクの大きさは、半導体とヒートシンクが接触する面の3倍以上とすると、半田付け時及び使用中の温度上昇における熱膨張による歪みによる損傷を防ぐことができる。そして、半導体の熱膨張に対し、ヒートシンクの平均熱膨張は大きくしておくのが好ましく、特に樹脂系接着剤を用いる場合は、半導体の熱膨張率に対し、ヒートシンクのそれが $2.0\sim 10.0\times 10^{-6}/\text{K}$ 大きい方がよい。

【0023】本発明のヒートシンクは通信系の光増幅用の高出力のレーザーダイオード用として、また通信衛星のマイクロ波出力用のトランジスタ用として、さらには高出力電力制御用のパワーモジュール用として、半導体デバイスが高出力で利用されるところに利用するのが好ましい。また、コンピューターのMPU用のヒートシンクとしても用いられる。

【0024】

【実施例】以下に本発明の実施例を示す。

(実施例1) 図1に示す様に比較的粒径の揃ったダイヤモンド粒子を1層敷き詰め、その隙間に金属粉末を詰め、その上にダイヤモンド粒子を2層目に1層目と同様に敷き詰め、その隙間に金属粉末を詰めた。3層目、4層目・・・と同様にして、積層させた。これを真空中にいれ、高温状態とし、金属を溶融し、ダイヤモンドを金属に埋め込んだ。金属にはAgを用いた。

【0025】金属の量の調整は、図2のように横方向の間隔を開けることにより、調整した。このような製法は複合物の構造として、ダイヤモンド粒子の面方位の揃ったものが形成でき、面方向と面に垂直方向においてダイヤモンド粒子間の金属の量が異なり、従って、それぞれの方向で熱膨張係数と熱伝導率が異なったものが形成される。ランダムに混合した試料と本発明の構造の大きい方向の熱伝導率を金属含有量依存性について図

3、図4に示す。また、ダイヤモンド粒子サイズ依存性について図5に示す。図5より、ランダムな混合、本発明の積層に関わらず、粒子の大きい方が熱伝導の特性が良いことがわかる。50 $\mu$ mサイズ以上で効果が現れ、特に100 $\mu$ mサイズ以上で顕著であることがわかる。

【0026】図3、図4より本発明の積層方法はランダムな混合方法に比べて熱膨張係数において同じメタル濃度で比較すると効果があることがわかり、この傾向は粒子サイズが大きい方が顕著であることがわかる。さらに、図6に面方向の熱膨張係数を示す。これらを比較すると本発明の積層方法はランダムな混合方法より少ない金属含有量で熱膨張係数を大きくでき、同じ熱膨張係数で比較すると本発明の構造のヒートシンクはより大きな熱伝導率を有することがわかった。以上の結果はダイヤモンドが予めメタルでコーティングないしメッキされて\*

\*いても取り扱い上便利であったが、傾向は同様なものであった。

【0027】(実施例2) 熱膨張係数が $4 \times 10^{-6}/K$ に近い半導体と種々のパッケージ材料とヒートシンク材料を図7に示すように樹脂で接合し、その試料がどこかで剥離を起こす条件を調査した。その結果を表1および表2にまとめたが、ヒートシンク材料として $8 \sim 14 \times 10^{-6}/K$ の熱膨張係数が必要ながわかった。ほとんどの代表的な半導体材料は $4 \sim 6 \times 10^{-6}/K$ であるため、ヒートシンク材料は半導体材料より、 $2.0 \sim 10.0 \times 10^{-6}/K$ 大きいことが必要であることがわかった。

【0028】

【表1】

使用半導体 Si	パッケージの基板材料		
	エポキシ1	ガラスエポキシ	エポキシ2
ヒートシンク	$12 \times 10^{-6}/K$	$14 \times 10^{-6}/K$	$20 \times 10^{-6}/K$
A ( $17 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
B ( $14 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
C ( $10 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
D ( $8 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	×
E ( $6 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
F ( $4 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×

○：剥離なし    ×：剥離あり

【0029】

※ ※【表2】

使用半導体 GaAs	パッケージの基板材料		
	エポキシ1	ガラスエポキシ	エポキシ2
ヒートシンク	$12 \times 10^{-6}/K$	$14 \times 10^{-6}/K$	$20 \times 10^{-6}/K$
A ( $17 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
B ( $14 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
C ( $10 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	○
D ( $8 \times 10^{-6}/K$ )	○	○	×
E ( $6 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×
F ( $4 \times 10^{-6}/K$ )	×	×	×

○：剥離なし    ×：剥離あり

【0030】(実施例3) 実施例1と同様にして、金属★物の熱伝導率は金属の差で変化し、Cuを用いた場合に属をAgからCu, Al, Auについて実施した。複合★50はAgを用いた場合の90%程度であり、AlとAuを



用いた場合はAgのそれに比べ約60%の値となったが、比較用にランダム混合方法で作成したものより全て熱伝導率は大きくなることを確認した。傾向はAgを用いたときと同様であったので、データは省略する。さらに周期律表4a~7a族の金属としてTiをダイヤモンドにメッキしたものを用いて上記金属との複合物にした。ダイヤモンド粒子のサイズは粒径400 $\mu$ mのもののみでチェックしたが、複合物の強度が増したことを確認した。

【0031】(実施例4) 図7の放熱形態をモデルに、ヒートシンクの面と熱抵抗の関係を調べた。図8に示すように熱抵抗はヒートシンクの面積が大きいと効果がないことがわかった。特に、本発明における面方向と面に垂直方向で熱伝導率の異なる場合は顕著であり、その面積は半導体素子の接着面積の3倍以上で約75%減の効果が認められた。

【0032】

【発明の効果】本発明により、ダイヤモンド粒子と金属を複合したヒートシンクが実用性に優れ、かつ従来のヒートシンクではカバーできなかった分野の放熱材料として特にパワーの授受に使用する半導体を搭載する場合に大いに利用できるものである。本発明のヒートシンクを用いたパッケージは、半導体との熱膨張による歪みを抑え、且つパッケージ材との調和を保ち、優れたパッケー

ジを提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の作り方の模式図である。

【図2】本発明における面方向と面に垂直方向の熱伝導・熱膨張を制御する解説図である。

【図3】本発明の実施例の熱伝導と金属含有量の関係を示すグラフである。比較例と対比して示す。

【図4】本発明の他の実施例及び比較例の熱伝導と金属含有量の関係を示すグラフである。

【図5】本発明における実施例と比較例のダイヤモンド粒子サイズと熱伝導率の関係を示す。

【図6】本発明における実施例と比較例の金属含有量と熱膨張係数の関係を示す。

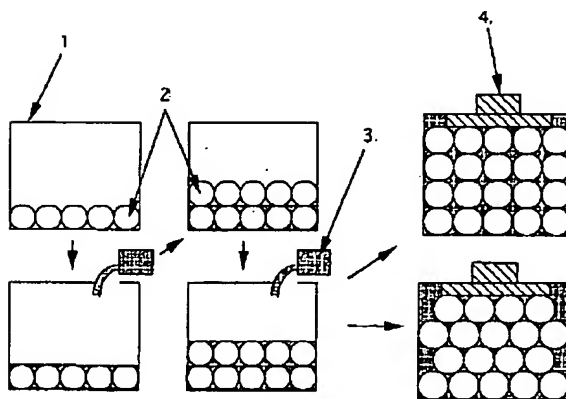
【図7】本発明のパッケージの一例を示す。

【図8】図7のパッケージを用いて熱抵抗の面積依存性を調べた結果のグラフである。

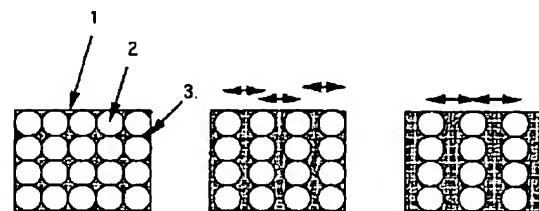
【符号の説明】

- 1・・・型枠
- 2・・・ダイヤモンド粒子
- 3・・・金属粉または金属ペースト
- 4・・・加圧用ジグ
- 5・・・半導体
- 6・・・ヒートシンク
- 7・・・パッケージの基板

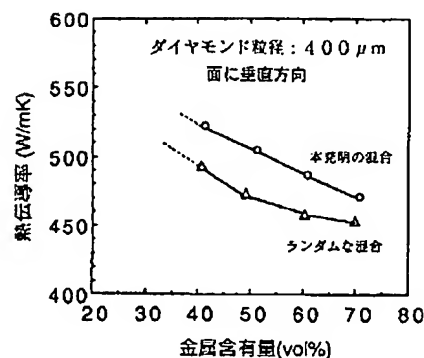
【図1】



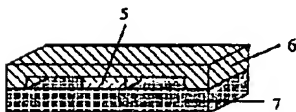
【図2】



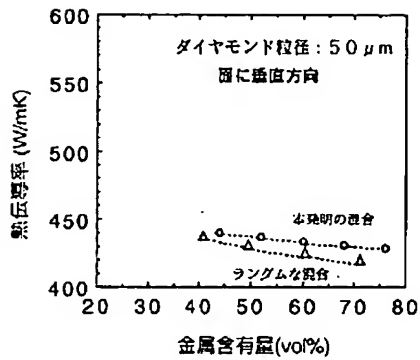
【図3】



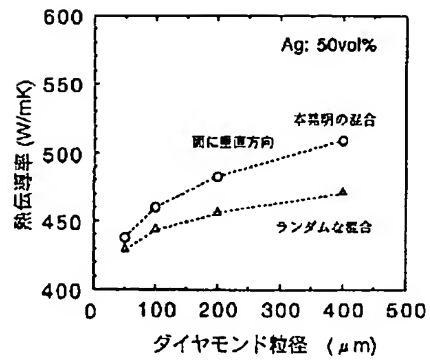
【図7】



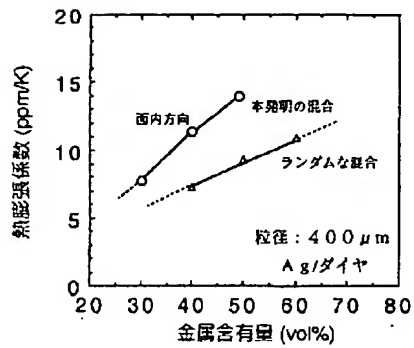
【図4】



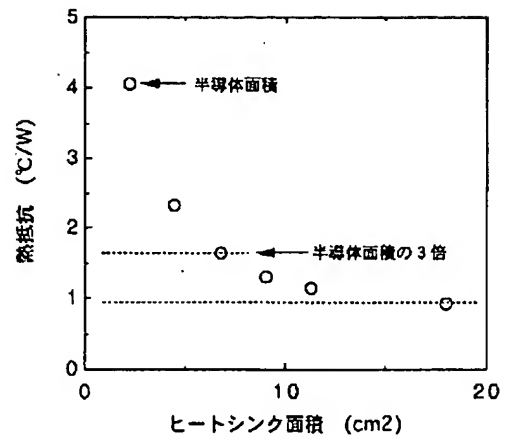
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 福井 彰  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**